

Marko Ala-Knuuttila

## **Säiliötuotannon laadunvarmistus**

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Marko Ala-Knuuttila

Työn nimi: Säiliötuotannon laadunvarmistus

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi:2013

Sivumäärä:48

Liitteiden lukumäärä:0

Opinnäytetyössä tutkittiin säiliötuotannon laadunvarmistamista eri teorioiden pohjalta. Työn tuloksena valmistui työohje siilon ja säiliön valmistukseen sekä ohje lopputarkastuksen suorittamiseen. Muotoiltavien levyjen mittauksen varmistamiseksi suositellaan mittapöytäkirjan käyttöönottoa. Työssä todettiin myös ohjauksen ja koulutuksen lisäämisen tarpeellisuus oikeiden mittojen ja muotojen saavuttamiseksi levytöiden osalta. Hitsauksessa huomioitiin hitsattavien kohtien puhautauden painottaminen laadun parantamiseksi. Varastoinnin ja materiaalien käsittelyn osalta tuli esille varastointialueiden jakamisen tarpeellisuus työkohtaisiksi lohkoiksi. Materiaalihyllyjen sekä toisten kuljetuskärryjen hankinta osoittautui tarpeelliseksi. Koulutuksen ja ohjeistuksen tarvetta ilmeni myös varastoinnin osalta.

Opinnäytetyössä todettiin tärkeäksi myös erillisen laadusta vastaavan henkilön nimeäminen yrityksessä. Henkilön vastuualueeseen kuuluisi laatuvaatimusten määrittäminen ja niistä tiedottaminen sekä laadun seuranta ja kehittäminen. Yrityksen laatukäsikirjan päivittäminen sekä tulevan CE-merkintäasetuksen aiheuttamat toimenpiteet ja niiden selvittäminen kuuluisivat myös laatuvaastaavalle. Työn tavoitteet täyttyivät kiitettävästi, koska työssä saatiin aikaan myös työ- ja tarkastusohje säiliönvalmistukseen. Ohjeet ovat käytettävissä yrityksen laatukäsikirjaan. Työssä löytyi myös hyvin keinoja laadun parantamiseen. Työssä löytyi uusi tutkimuskohde jauhekaarihitsauksen kehittämiseksi ja automatisoimiseksi. Tutkimuksessa voitaisiin selvittää uusia mahdollisuuksia säiliövalmistuksen hitsauksen nopeuttamiseksi.

.

Avainsanat: laatu, säiliö, hitsaus, levytyö, työohje

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and production engineering

Author: Marko Ala-Knuuttila

Title of thesis: Container production quality assurance

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2013

Number of pages: 48

Number of appendices: 0

---

The aim of this thesis was to study the production of tanks and especially the quality assurance process. First various theories of the quality assurance were studied. As a result a set of work instructions for the silos and tanks were created. The customized measurement of the plates is recommended to ensure the introduction of the measurement protocol. It was also stated that the additional guidance and training is needed. In welding the purity of the welding points played a significant role in the quality. The need for the job-specific blocks in the storage areas and during the handling of the materials was also spotted to be important. When moving the materials inside the warehouse area the need for the additional trolleys is clear. Additional guidance and training is also needed for the warehouse personnel.

One result of this thesis is the need for a person responsible for the quality. It would be the responsibility of this person to state the appropriate quality standards and to share this information. This person would also be responsible for the update of the company quality manual and for the CE marking regulations. The objectives of this thesis were met. The new instructions are available for the company quality manual. New ways to improve the quality were also found. An interesting new study subject was also found in the welding process of the automatization of the submerged arc.

Keywords: quality, tank, welding, sheet metal working, work instructions

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ .....	4
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO .....	6
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	7
1 Johdanto .....	8
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoite .....	9
1.3 Työn rajausta .....	9
2 Yrityksen esittely .....	10
2.1 Toiminta tilauksen jälkeen.....	10
2.2 Tavaranto vastaanotto .....	11
2.3 Tuotteen valmistus .....	11
2.4 Työturvallisuus ja laatu.....	12
3 Laatu käsitteenä.....	13
3.1 Laatu valmistuksessa.....	13
3.2 Laatu politiikka käsitteenä .....	13
3.3 Kutepan toiminta laatu käsikirjan mukaan.....	14
3.4 Laatu järjestelmien merkitys.....	15
3.5 Henkilöstön kehittäminen .....	16
3.6 Henkilöstön kehittämisen toimenpide-ehdotukset .....	17
4 Materiaalien vastaanotto ja varastointi .....	19
4.1 Varastoinnin kehittäminen.....	21
5 Levytöiden ja hitsauksen valmistustekniikka .....	23
5.1 Yrityksen käytäntöjä .....	24
5.2 Yrityksessä käytettävät hitsausmenetelmät .....	26
5.3 Kehitettävää valmistuksessa .....	28
6 Laadun varmistus.....	30
6.1 Levytyö.....	30

6.2 Hitsaus .....	31
6.3 Hitsausliitoksen tarkastaminen.....	32
6.4 Toiminta laadun parantamiseksi.....	34
7 Kokonaisvaltainen laaduntarkastelu .....	36
8 Säiliönvalmistuksen työohje .....	38
8.1 Vaippalevyn valmistus.....	38
8.2 Kartio- ja pohjalevy.....	38
8.3 Katto.....	39
8.4 Osien muotoilu .....	40
8.5 Kokoonpano .....	41
8.6 Hitsaus .....	42
8.7 Lopputarkastusohje.....	43
9 Yhteenveto.....	44
LÄHTEET .....	47

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Valmis siilo .....	10
Kuvio 2. Kokonaisvaltainen laadunhallinta (perustuu: Lecklin 2006,19).....	16
Kuvio 3. Kartiolohko .....	25
Kuvio 4. Kartio- ja kattolohkon liitos .....	26
Kuvio 5. Laaduntekijät.....	37
Kuvio 6. Keskeltä ylhäällä katto .....	40
Taulukko 1. Varastoinnin kustannuslaskelma (perustuu: Suomen yrittäjät 2013.)	22
Taulukko 2. Mittapoikkeamaesimerkki .....	41

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>Vaippalevy</b>	Yhteen hitsatuista levyistä muodostuva pitkä aihio, josta tulee säiliön seinämät.
<b>Silloitushitsi</b>	Noin 10 mm pitkä hitsaus, jolla kiinnitetään kappaleet yhteen ennen hitsausta.
<b>Kohdistusvirhe</b>	Liitettävien kappaleiden pinnat ovat eri tasossa vaikka niiden pitäisi olla samantasoiset.
<b>Nostokehto</b>	Vaippalevyjen nostamista varten valmistettu nostoteline, jolla pitkät levyaihiot muotoillaan pyöreiksi siltanosturia apuna käyttäen.

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe tuli Kuortaneen teollisuuspalvelulta eli Kutepa Oy:ltä liittyen laadunvarmistukseen. Yrityksen toimialoihin kuuluu mm. sillojen ja säiliöiden valmistus teollisuuden tarpeisiin. Yritys on perustettu 1994 ja konserniin kuuluu lisäksi seuraavat yritykset: Kutepa Engineering Oy, Kutepa Rubber Service Oy, Kutepa Industrial Service Oy ja Kutepa Electric Service Oy. Konsernilla on tällä hetkellä n. 80 työntekijää. Yrityksen asiakaskuntaan kuuluvat mm. elintarvike-, kaivos-, prosessi-, puu- ja voimalaitosteollisuuden sekä projektinhoitoalan yrityksiä. Tällä hetkellä suurin työllistäjä on voimakkaasti kasvava kaivosteollisuus ja tuotteet matkavat Suomen ja Ruotsin pohjoisiin kaivoksiin sekä Venäjälle. (Kutepa [Viitattu 29.1.2013].)

## 1.1 Työn tausta

Yrityksen tuotannossa on ilmennyt ongelmia tavarán vastaanotossa ja varastoinnissa sekä säiliöiden valmistuksessa. Tavarán vastaanoton sekä varastoinnin osalta aiheutuu turhia kuluja, koska tavaroita häviää ja oikeita tavaroita joudutaan etsimään. Levytöiden sekä hitsauksen osalta on aiheutunut jonkin verran reklamaatiokuluja. Eniten ongelmia on ollut säiliöiden vaippalevyjen liitoksissa niissä ilmenneiden kohdistusvirheiden johdosta. Suurin syy näille virheille on ollut vaippalevyjen pituusmittojen poikkeamat. Toinen ongelma on ollut vaippalevyjen päiden yhdistämissaummat, jotka hitsauksen jälkeen ovat jääneet väärän muotoisiksi. Molemmat edellä mainitut seikat vaikuttavat hitsaukseen ja ovat aiheuttaneet virhelöydöksiä röntgentarkistuksissa ja näin ollen ovat lisänneet kustannuksia. Ongelmana näiden lisäksi on ollut töiden viimeistelyn puutteellisuus hitsausroiskeiden osalta sekä kulmahiomakoneen varomaton käyttö. Maalattujen säiliöiden pinnassa on näkynyt erittäin selvästi kulmahiomakoneen raapaisujäljet sekä hitsattujen apurautojen poistojäljet.



## **1.2 Työn tavoite**

Työn tavoitteena oli luoda yhteneväinen käytäntö valmistaa laadukkaita säiliöitä asiakkaille toimitettavaksi mahdollisimman nopeasti. Säiliön valmistukselle ja tuotteen etenemiselle valmistuksessa tulisi miettiä yksinkertainen ja halliolosuhteissa toimiva menetelmä. Säiliön lopputarkastukseen ennen maalausta olisi hyvä suunnitella tarkastusmalli, jonka mukaan tarkastus suoritettaisiin.

## **1.3 Työn rajaus**

Työssä tutkittiin ainoastaan Kutepan säiliövalmistusta, ohutlevysiilojen osalta materiaalivehvuuden ollessa 4 mm -12 mm. Tutkinnan kohteena oli erityisesti työlle tilatun tavaran vastaanotto, säilytys ja sieltä tuotantoon siirtyminen sekä säiliön valmistuksen levytyö ja saumojen hitsaus sekä viimeistely. Erityisen tarkastelun kohteena oli tuotannon laadun varmistaminen ja seuranta. Yrityksen johdon toiveena oli myös työn selkeys ja mahdollisimman lyhyt pituus. Työn täytyisi olla myös liitettävissä ainakin osittain Kutepan laatukäsikirjaan.

## 2 Yrityksen esittely

Kuortaneen teollisuuspalvelu on 1994 perustettu metalliteollisuuden alihankintayritys. Pääasiallisina tuotteina ovat erilaiset silot, säiliöt ja kuljettimet, jotka valmistetaan asiakkaiden piirustusten mukaan. Yritys toimittaa myös asiakkaan toivomusten mukaisia ratkaisuja tuotteen suunnittelusta asennukseen asti. Kuortaneella sijaitsevat toimitilat sisältävät n. 2000 neliömetrin konepajan, hiekkapuhaltamon sekä maalaamon. Yritys sijaitsee hyvien liikenneyhteyksien varrella jonka vuoksi suurten erikoiskuljetusta vaativien tuotteiden valmistus on ollut mahdollista konepajassa. (Kutepa [Viitattu 29.1.2013].) Kuviossa 1 on valmis siilo lähtövalmiina asiakkaalle.



Kuvio 1. Valmis siilo.

### 2.1 Toiminta tilauksen jälkeen

Kun säiliötilaus on varmistunut, aloitetaan materiaalien hankinta. Yleensä säiliön vaippalevyt tilataan ensin säiliön tilavuuden mukaan joko 2000 mm \* 6000 mm tai 1500 mm \* 6000 mm arkkeina. Kyseiset koot ovat yleisimpiä varastokokoja ja hinnoiltaan edullisimpia. Poikkeaviakin levykokoja saa satunnaisesti edullisesti teräs-

toimittajilta, mutta yleensä ne ovat tilaustavaraa ja ovat tällöin vähän kalliimpia. Säiliöön tilataan myös pohjalevyt, jotka yleensä tilataan polttoleikkeinä muotoon leikattuina alihankkijoilta, koska yrityksessä ei ole vaadittavia laitteita. Siiloon tilataan pohjakartion levyt yleensä leikkeinä, kuten myös kattolevyt. Säiliöihin tulevat mahdolliset rhs-palkit, u-palkit, putket tai lattatangot tilataan joko 6000 mm tai 12000 mm pitkinä aihioina. Koska yrityksessä on metallivannesaha, edellä mainituista palkeista saadaan sahattua oikeanlaisia paloja helposti.

## **2.2 Tavarán vastaanotto**

Nykyinen toiminta tavaraa vastaanottaessa on tapauskohtaista, joten toimintatapa vaihtelee. Rekat tuovat tilatun tavarán tehdasalueelle, missä trukkikuski purkaa kuorman parhaaksi katsomaansa paikkaan ja kuittaa rahtikirjat. Tavoitteena olisi kuitenkin, että yhden työn tavarat olisivat omassa paikassaan. Kuorman purkamisen jälkeen varastomiehen tulisi tarkistaa toimitus ja ilmoittaa tilaajalle mahdolliset puutteet ja jälkitoimitukset. Tavarán vastaanottoon ja varastointiin olisi tarkoituksena miettiä selkeä ohjeistus. Tavaroiden turhat siirtelyt aiheuttavat niihin aina ylimääräisiä vikoja ja korjaamiseen kuluu tuotannossa ylimääräistä aikaa.

## **2.3 Tuotteen valmistus**

Levymateriaali tuodaan halliin kärryillä tai trukkipiikeillä. Vaippalevyt hitsataan yhdeksi isoksi levyksi pituushitsausautomaatilla ja sillä hitsataan myös kaikki siihen sopivat kartiot, pohjat sekä katot. Säiliön halkaisijasta ja levyn vahvuudesta riippuen vaippalevy muotoillaan pyöristyskoneella tai levyn päät yhdistetään nostamalla levyä keskeltä ja työntämällä levynpää yhteen. Tämä viimeinen liitos molemmilla menetelmillä suoritetaan käsin hitsaten juuritukea vasten. Tavallisesti valmistetaan pohjalohko ja kattolohko erillisinä osina, jotka sitten kootaan yhteen. Siilon koosta riippuen saattaa olla vielä näiden väliin tulevia vaippalohkoja. Viimeinen yhdistys saatetaan tehdä ulkona autonosturilla pystyasennossa ja tämän jälkeen siilo kaadetaan ja tuodaan halliin. Toinen tapa on kokoonpanna osat yhteen vaakasennossa hallin sisällä, mutta tämä on hitaampaa. Myös hallin korkeus asettaa

rajoituksia isojen siilojen valmistukseen tällä menetelmällä. Saumojen hitsaus tapahtuu pyöritysrullilla käsipelillä tai jauhekaarella yli 6 mm:n ainevahvuudelle. Hitsauksen jälkeen suoritetaan siilon varustelu. Varusteluun kuuluu tavallisesti tikapuiden, kaiteiden, läpivientikiinnittimien sekä putkistojen asennus. Lopuksi suoritetaan hitsaussaumojen tarkistus röntgenkuvaamalla tai tunkemanestetarkistuksella.

## **2.4 Työturvallisuus ja laatu**

Työturvallisuusasioissa painotetaan työolosuhteisiin vaikuttamista etukäteen eikä vasta epäkohtien ja tapaturmien sattuessa. Toiminnallisesti hyvin suunniteltu työympäristö parantaa tuottavuutta ja laatua. Yleinen siisteys ja järjestys vaikuttavat niin yrityksen tuottavuuteen, työssä viihtymiseen, motivaatioon, laatuun sekä yrityksen arvostuksen lisääntymiseen. Valmistuksessa olevat vaarat ja riskit selvitetään etukäteen ja laaditaan toimintaohjeet käytettäville työmenetelmille. Käytetään valmistuksessa hyväksytyjä apulaitteita sekä vain kunnossa olevia nostoapuvälineitä. (Työsuojeluhallinto 2012.)

Yrityksessä käytetään säiliönvalmistuksessa yleisesti vuokraamosta tulevia henkilönostimia. Isojen säiliöiden ja eri lohkojen siirtely tapahtuu ulkotiloissa ostopalveluna tulevan autonosturin avulla. Sisätiloissa käytettävät nosturit tarkistetaan ja huolletaan säännöllisesti. Käytettävät siirtovaunut ja muut poikkeavat kuljetusapulaitteet valmistetaan itse. Jokaiselle isolle pihalla valmistettavalle tuotteelle tehdään hyvin joustava suunnitelma, koska muutoksia tulee pääsääntöisesti aina. Siisteys ja järjestys yrityksen tiloissa ovat viime aikoina parantuneet.

Kehitettävää olisi kuitenkin edelleen siisteydessä ja järjestyksessä. Nostoapuvälineiden käytössä ja niiden kunnon seurannassa sekä varastoinnissa olisi parannettavaa. Vähänkin rikkiäiset nostoliinat tulisi poistaa käytöstä heti. Turvavaljaita ei juurikaan käytetä vaikka työskennellään korkealla. Korkealla työskentelyn riskejä pienentää kuitenkin henkilönostinten ja tasojen käyttö. Kaikki säiliöiden sisällä työskentelevät eivät käytä ilmanvaihtoimureita riittävästi, mutta raitisilmahitsausmaskeja käytetään pääsääntöisesti aina. Turvavaljaiden käytön tehostamista suositellaan aina säiliöiden päällä työskennellessä ja yrityksessä niitä kyllä on.

### 3 Laatu käsitteenä

Seuraavassa käsitellään laatua ja laadun määräytymistä sekä yrityksen toimintaa laadun toteutumisiksi. Lisäksi tarkastellaan keinoja laadun parantamiseksi yrityksen toiminnassa henkilöstöjohtamisen teorioiden avulla, sekä mietitään keinoja henkilöstön kehittämiseksi.

#### 3.1 Laatu valmistuksessa

*Valmistuksessa* näkemys laadusta merkitsee valmistettavan tuotteen virheettömyyttä ja sitä että tuote on valmistettu toimitettujen suunnitelmien ja ohjeiden mukaisesti. Tuotteiden valmistus on laadukasta, jos niissä on vain vähän virheitä eikä laadun vaihtelut näy häiritsevästi. Tällainen toiminta raskaassa konepajateollisuudessa, jossa valmistetaan suuria ja raskaita tuotteita, on hyvin haasteellista, mutta kylläkin mahdollista. Tuotannossa syntyvät mahdolliset virheet ja laatupoikkeamat tulisi havaita ennen tuotteiden luovutusta asiakkaalle. Mahdollisten virheiden esiintyminen johtaa lisäkustannuksiin ja katteen pienenemiseen. Tyypillisiä heikosta laadusta ja virheistä johtuvia kuluja ovat takuukustannukset ja muut korjauskulut sekä mahdolliset viivästymiskulut. Virheiden esiintyminen saattaa johtaa maineen menetykseen sekä vaikuttaa sitä kautta asiakkaiden hankintapäätöksiin sekä yrityksen tuottavuuden heikkenemiseen. Tärkein laadun mittari on kuitenkin asiakkaat ja heidän tyytyväisyytensä saamaansa tuotteeseen ja palveluun. Tuotteet ovat laadukkaita, jos asiakas on tyytyväinen. (Lecklin 2005,18–20.)

#### 3.2 Laatupolitiikka käsitteenä

Laatupolitiikka tarkoittaa yrityksessä sitä, kun johto määrittelee toiminnalle laadullisen ja toiminnallisen suunnan ja ohjeistuksen kuinka toimitaan. Tämän määrittelyn tarkoituksena on olla suuntaviivana koko organisaatiolle halutun laadun saavuttamiseksi. Yrityksen johdon on myös selvitettävä laatupolitiikan soveltuvuus asiakkaiden vaatimuksiin. Käytännössä on myös varmistettava laatupolitiikasta tiedottaminen koko henkilökunnalle sekä varmistettava sen ymmärtäminen ja to-

teutus. Tärkeää on myös suorittaa laatupolitiikan katselmuksia säännöllisesti sen soveltuvuuden selvittämiseksi sekä päivittämiseksi toiminnan muutosten mukaan. (Lecklin 2005, 40–41.)

### **3.3 Kutepan toiminta laatukäsikirjan mukaan**

Yrityksen laatupolitiikkana on suunnitella ja valmistaa standardien ja suunnitelmien mukaisia säiliöitä ja osakokonaisuuksia joustavasti asiakastarpeiden ja aikataulujen mukaisesti. Myyjä tai projektipäällikkö varmistaa asiakkaan ja yrityksen henkilökunnan välillä sen, että asiakkaan tilaus ja toiveet on ymmärretty oikein. Sama henkilö varmistaa, että asiakkaiden odotukset ymmärretään oikein ja toteutuksen erilaiset mahdollisuudet ja vaihtoehdot selvitetään heille. (Kutepan laatukäsikirja 2008.)

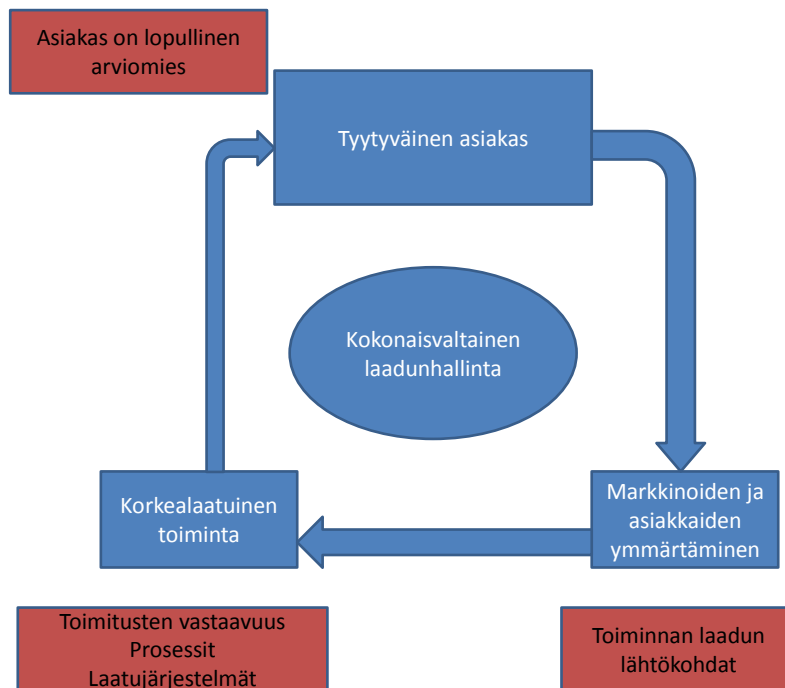
Yrityksen tavoitteena on saavuttaa korkea asiakastyytyväisyys ja kehittyä yhdessä asiakkaiden sekä tavarantoimittajien kanssa yhä kilpailukykyisemmäksi. Asiakastyytyväisyyttä ja -tyytymättömyyttä mitataan ja seurataan asiakkaille tehtävien kirjallisten ja suullisten kyselyjen avulla. Toimitusjohtaja hoitaa kyselyt ja analysoinnin. Yrityksen johdon kuukausipalavereissa käydään tuloksia läpi ja mietitään mahdolliset korjaustoimenpiteet. Kilpailukykyä seurataan projektikohtaisella kustannusseurannalla sekä tilitoimiston raportoinnin avulla. Tarjouspyyntöjen määrän pysyminen korkealla tasolla ja vanhojen asiakkaiden säilyminen kertoo hyvästä kilpailukykyvystä. Yritys sitoutuu noudattamaan ja kehittämään omaa laatuohjeistustaan. (Kutepan laatukäsikirja. 2008.)

Kutepan tuotantohenkilöstön satunnaishaastattelun perusteella selvisi, ettei yrityksen laatupolitiikka ollut tuttu kenellekään haastatelluista. Tämä tosiseikka on ainakin ristiriidassa teorian kanssa. Teoriassa koko henkilökunnan pitäisi tuntea ja ymmärtää yrityksen johdon laatimat laadulliset ja strategiset suuntaviivat. Sisäisessä tiedonkulussa ja auditoinneissa on huomattavasti parantamisen varaa. Tähän ongelmaan on mietitty keinoja kappaleessa 3.6.

### 3.4 Laatu järjestelmien merkitys

Laadun ja laatu järjestelmien merkitys on pk-alihankintayrityksissä kasvanut merkittävästi viimeisten viiden vuoden aikana. Jokaisella isolla toimijalla, joka ostaa tuotteita ja palveluita Kutepa Oy:ltä, on laatu järjestelmä ja siihen on yrityksen sopeutettava. Nykyisin tilaajien suorittamat auditoinnit ennen tuotteiden valmistusta ovat tavallista toimintaa. Ulkopuolisten suorittamat auditoinnit ovat virallisempia ja palvelevat tiettyä tarkoitusta esim. alihankkijaksi hyväksymistä tai laatusertifikaatin hyväksyntää. (Kattelus 2012.) Nykyään ei riitä pelkästään se, että yritys tekee hyviä tuotteita, vaan laatu käsikirjassa on oltava dokumentoituna ja selitettynä kuinka ne hyvät tuotteet tehdään (Lecklin 2006, 72–73).

Laatu järjestelmä on käyttökelpoinen yrityksen koosta riippumatta, mutta sen täytyy olla riittävän yksinkertaiseksi laadittu. Mukaan otetaan vain toiminnan kannalta olennaiset seikat, eikä puututa muuta kuin viittauksin jatkuvasti muuttuviin asioihin. Muuttuvien asioiden ohjeistus on käytännön dokumenteissa ja ohjeissa, jotka muuttuvat ”automaattisesti” toiminnan mukaan. Pahimmassa tapauksessa liian raskaaksi laadittu laatu järjestelmä aiheuttaa henkilökunnan turhautumisen ja järjestelmä kääntyy itseään vastaan (Lecklin 2006, 32–33.) Kuvio 2 esittää kokonaisvaltaista laadunhallintaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä.



Kuvio 2. Kokonaisvaltainen laadunhallinta (perustuu: Lecklin 2006,19)

### 3.5 Henkilöstön kehittäminen

Yrityksen henkilöstön oppimiselle muodostuu tavallisesti omat käytännöt ja tyylit. Suhtautuminen oppimisen ja henkilöstön kehittämisen tarpeeseen, ja sen määrittämiseen ovat hyvinkin yritys- ja johtajakohtaisia. Oppimisen kolme päätyyppiä ovat kokemuksesta oppiminen, sopeutuminen ja ennakointi. Kokemuksesta oppiminen voi pääsääntöisesti tapahtua neljällä toisiinsa liittyvällä tavalla. Ensimmäinen menetelmä on ympäristöstä, asiakkailta sekä kilpailijoilta saadut kokemukset. Seuraavaksi tulevat yrityksen ja sen johdon kokemukset siitä kuinka strategiset päätökset sekä johtamiskäytännöt ja menettelytavat ovat vaikuttaneet toimintaan. Kolmantena on yrityksen kyky ymmärtää ja ratkaista ongelmia sekä erityisasiantuntemus. Viimeisenä on yrityksen kokemus kaikista edellä mainituista asioista sekä niistä oppimisesta. Sopeuttaminen tarkoittaa sitä, kun oppiminen ja kehittyminen tapahtuvat työn aikana hyvinkin nopeassa tahdissa. Ennakointi puolestaan tarkoittaa yrityksen toimimista tulevaisuuden näkymistä tulevien vihjeiden perusteella. (Viitala 2004, 186–188.)



Jos yrityksellä ei ole riittävää oppimisen ja koulutuksen kulttuuria, on sen vaikea kehittyä myöskään laadullisesti. Toiminnan ja hyvän laadun ymmärtäminen on erityisen tärkeää. Yrityksen oppimistarpeiden ja koulutushalukkuuden selvittäminen on pääsääntöisesti esimiesten tehtävä. Yrityksen laadun ja toiminnan kehittymisen tärkeimpiä tekijöitä ovat henkilöstön taidot ja osaamisen kehittyminen. Kehitystarpeita tulisi seurata jatkuvasti, mutta seurannan tueksi täytyisi olla myös tutkittua tietoa analysoitavaksi. Koulutukset ja niiden tarpeeseen johtavien päätöksien tulee perustua faktoihin, ei tunneseikkoihin. (Viitala 2004, 196–200.)

Kehityskeskustelut ovat parhaita keinoja henkilöstön työn, osaamisen ja koulutustarpeiden selvittämiseen. Analysoituja tietoja voidaan käyttää koulutusten suunnitteluun sekä yrityksen kehittämissuunnitteluun. Kehityskeskustelut ovat esimiehen ja työntekijän kahdenkeskinen juttutuokio, jonka tulisi olla vuorovaikutteinen ja antaa palautetta molemmiin puolin. Keskustelun tulisi tapahtua rauhallisissa tiloissa kiireettömästi muiden häiritsemättä. Kehityskeskustelujen tavoitteena ovat mm. ammattitaidon kehittyminen, laadun, motivaation ja työilmapiirin paraneminen. Tämä kaikki vie paljon aikaa ja resursseja, mutta jos sellaista tehdään, se on parasta tehdä kunnolla. Kaikki tämä muuttuu hyödyttömäksi, jos käytäntö on vain silmänlumetta. (Viitala 2004, 197.)

### **3.6 Henkilöstön kehittämisen toimenpide-ehdotukset**

Yrityksessä tulisi aloittaa kehityskeskustelut käytännön koulutustarpeen ja halukkuuden selvittämiseksi ja kirjaamiseksi. Keskustelut voitaisiin suorittaa säännöllisin väliajoin kerran vuodessa. Tässä kehityskeskustelussa voitaisiin sivuta myös yrityksen laatupolitiikkaa ja käydä sitä tapauskohtaisesti hieman läpi. Hyvin suunniteltu ja toteutettu kehityskeskustelu parantaa paljon työmotivaatiota sekä ilmapiiriä. Koska yrityksen henkilökunta on kansainvälistä, koulutukset voisivat olla tarvekoh-  
taisesti räätälöityjä. Jos uudessa alkavassa projektissa on joko materiaalin tai hittä-  
sattavuuden osalta jotakin erikoista, voisi koulutuskäytäntö muuttua automaatti-  
seksi toimenpiteeksi. Koulutuksessa tulisi samalla esille projektin laatuvaatimukset

ja vaaditut tarkastusmenetelmät. Koulutuksen voisi pitää joku ulkopuolinen taho tai projektin hyvin tunteva projektipäällikkö.

Koska yrityksen oppimistapa pääsääntöisesti on kokemuksesta oppimista, tulisi huomiota kiinnittää myös aiemmin opitun tiedon siirtämiseen. Toteutuskeinona tähän voisi olla työparien järjestelyt niin, että kokeneen seurana olisi aina joku kokemattomampi ja työpareja kierrätettäisiin. Tämä koulutusmenetelmä palvelisi erinomaisesti ammattikoulusta töihin tulevia työntekijöitä. Tulevaisuutta ajatellen olisi hyvä laatia myös työohjeet harvoin käytetyille menetelmille. Poikkeavan työn valokuvaaminen ja kirjaaminen tulisi tehdä heti sellaisen tullessa vastaan. Osaamismatriisin ylläpitäminen olisi hyvä tapa varmistaa ja päivittää osaamista. Kaikki suoritettut tehtävät vaativat oikeita tietoja, taitoja sekä henkilökohtaista osaamista. Osaamismatriisissa olisi näkyvissä vain konkreettiset, arvioitavissa olevat työtehtävät.

## 4 Materiaalien vastaanotto ja varastointi

Teoriassa saapuvan materiaalin vastaanotto ja varastointi on yksinkertaista toimintaa. Saapuva tavarata tuodaan rekka-autoilla tehdasalueelle, jossa purkaminen tapahtuu trukilla, pyöräkuormaajalla tai siltanosturilla. Konepajaan saapuu vaihtelevan kokoista ja laatuista tavaraa. Levytavaraa voi olla kuormassa montaa eri arkkikokoa sekä vahvuutta. Levyjä tuodaan myös valmiiksi muotoihin leikattuna leikkeinä ja valmiiksi oikeaan muotoon kantattuina valmiina osina. Saapuvaan tavarahan lukeutuvat myös putkipalkit, u-palkit, putket, lattaraudat sekä kulma-raudat joiden pituus tavallisesti on 6 – 12 m. Rekoille vaatimuksena on lavan kylkirakenteen helppo avattavuus tai muuten avoin rakenne. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 318.)

Kutepan tapauksessa saapuvien rekkojen koon ja sisältävän kuorman laadun mukaan kuormanpurku pyöräkuormaajalla vaatii paljon tilaa. Haasteena kuorman purkamiselle ovat myös hankalat olosuhteet: mahdollinen liukkaus ja lumentulo sekä hämärässä toimiminen. Työkoneiden valoteho ei voimakkuudeltaan korvaa päivänvaloa.

Palkkitavaran varastointi tapahtuu yleensä ulos kuormalavojen tai muun puutavaran päälle tai palkkihyllyille, jos sellaiset ovat käytössä. Levytavarat varastoidaan pinoiksi vaakatasoon omiin pinoihinsa tai vaihtoehtoisesti pystyvarastointina levytelineeseen. Molemmilla menetelmillä on hyvät puolensa, mutta pystyvarastointi sopii paremmin sellaiseen paikkaan, jossa on siltanosturi käytettävissä myös ulkoalueella. Perinteisesti konepajoilla varastot sijaitsivat ulkona, joten varsinkin talviaikaan varastoalueen järjestyksen ylläpitäminen on haasteellista. Eri materiaalien selvät merkitsemiset niin, että mahdollisen runsaankin lumisateen jälkeen oikeat tavarat löytyvät, on tärkeää. Pienemmille, kuormalavoille mahtuville tavaroille tulisi löytää sisävarastointipaikka ainakin talviaikaan. Materiaalien varastointi ja käsittely sekä varaston materiaalien määrän ja laatuksen tunteminen on konepajatoiminnassa hyvin tärkeää. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 318 - 321.)

Turhien varastojen pitäminen ei kuulu nykyaikaiseen konepajatoimintaan, vaan työkohtaisesti yritetään tilata aina juuri oikea määrä tavaraa. Tämä ei aina kuitenkaan onnistu ja levyjä saatetaan tilata ylimää räisiä. Varastosta ne voidaan myöhemmin käyttää seuraavaan työhön, kun vain on tieto varaston tilanteesta. Varaston tilanne ja tavar an vastaanoton toiminta vaikuttaa olennaisesti myös tuotannon toimintaan. Työlle tilatut tavarat saapuvat tavallisesti eri toimittajilta ja toimitusajat vaihtelevat. Vastaanoton henkilökunnan on pysyttävä selvillä siitä mitä varastoon saapuu. Vastaanoton ja ostohenkilöstön on tehtävä yhteistyötä, jotta yrityksessä tiedetään onko tavar an toimittaja täyttänyt toimituslupauksensa. (Karhunen, Pouri, & Santala, 2004, 374–375.) Työnjohdon pitää tietää, mitkä osat ovat tulleet, jotta tuotanto voidaan aloittaa oikeaan aikaan. Tuotteen siirryttyä valmistukseen ja osapuutteiden ilmentyessä tulee yleensä turhaa odottelua ja valmistettavan tuotteen siirtelyä. Varastoinnissa, kuten myös tuotteiden siirtelyssä, on taloudellisia riskejä yritykselle. Huolimattomasta käsittelystä johtuva osien katoaminen, rikkoontuminen tai vioittuminen aiheuttaa ylimää räistä työtä sekä pahimmassa tapauksessa uuden osan hankinnan. (Lepola, Makkonen.2005, 281.)

Optimaalinen tilanne olisi sellainen, ettei väli varastointia tarvitsisi suorittaa, vaan työhön tulevat osat tulisivat kaikki samanaikaisesti ja ne siirrettäisiin valmistukseen heti. Keinona tähän olisi töiden aikatauluttaminen paremmin, niin että työn aloitusviikko olisi tarkasti selvillä. Tämä antaisi mahdollisuuden tilata materiaalit tietylle viikolle ja porrastaa saapumisjärjestys tarpeen mukaan.

Levytuotteiden käsittel yssä pitää olla tarkkaavainen. Varsinkin yksittäisten levyjen siirtelyssä trukkipiikeillä levyjen reunat ja kulmat ovat herkkiä vaurioitumaan. Tämän asian takia suositeltavaa on kuljettaa levymateriaali aina useamman levyn nipuissa ja mielellään toimittajan paketissa. (Lepola, Makkonen 2005, 281–282.) Sama koskee tuotannon eri vaiheessa olevia leikattuja tai muovattuja osia. Trukkipiikeillä siirtely ei välttämättä aina ole näille puolivalmisteille paras keino. Lavettikär ry on monen asian siirtelyyn kätevämpi kuin trukki, varsinkin pinnoitettuihin kappaleisiin. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 13.)

Yritykset toimittavat isoja laitekokonaisuuksia isoille kansainvälisille toimijoille, joloin yritys toimii heidän laitteidensa kauttakulkuvarastona. Kauttakulkuvarastoinnissa otetaan vastaan ja säilytetään asiakkaiden laitteita, jotka menevät samaan

osoitteeseen valmistettavien säiliöiden tai muiden tuotteiden kanssa. Pääsääntöisesti näitä tuotteita ei käytetä valmistuksessa, vaan ne säilötään turvallisesti toimituspäivään saakka. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 375.)

#### 4.1 Varastoinnin kehittäminen

Materiaalien varastoinnin ja siirtelyn parannuskeinoiksi Kutepa Oy:n toiminnassa pohdittiin seuraavanlaisia toimenpiteitä: Varastoa hoitavalle henkilökunnalle tulisi järjestää koulutusta ja kehityskeskusteluja toiminnan parantamiseksi. Keskustelujen perusteella mietittäisiin yhdessä mahdollinen lisäkoulutustarve sekä halukkuus siihen. Projektin materiaalien tilauksesta vastaavan henkilön tulisi pitää säännöllisin väliajoin koulutus- ja kertauspäälliköitä materiaalin vastaanoton laskemisesta ja niiden merkinnöistä. Uuden projektin materiaalien hankinnan alettua projekti-  
päällikön tulisi määrittää alueen koko, jonne saapuva materiaali varastoidaan ja ilmoittaa se varastohenkilökunnalle, joka merkitsee alueen selvästi näkyvällä työnumerolla. Levytavarain varastoinnin helpottamiseksi pohdittiin levyhyllysten hankkimista vaakatasossa oleville levyille sekä palkkihyllyjä. Levyjen siirtelyä varten ehdotettiin myös toisten kärryjen hankintaa. Tämä mahdollistaisi kärryjen käyttämisen tarvittaessa välivarastointiin ja näin ollen materiaalien turha siirtely vähenisi.

Varastoinnin henkilökunnan valmistuskuvien lukutaitoa täytyisi myös kehittää koulutuksen avulla. Tämä tekisi paremminkin mahdolliseksi ennakoivan toiminnan uusien töiden osalta. Ennakoivassa toiminnassa työnjohtaja antaisi ohjeet varastohenkilökunnalle kerätä tuotantoon menevät osat valmiiksi, tuotantoon siirtoa varten. Tässä yhteydessä tarkistetaan mahdolliset puutteet vielä kerran. Mahdolliset puutteet ilmoitetaan työnjohdolle. Tämä toiminta tehdään mielellään noin viikkoa ennen työn valmistuksen aloittamista. Se poistaisi valmistuksen henkilöstön turhan ja hitaan materiaalien keräämisen.

Taulukossa 1 on esimerkkilaskelma turhista kustannuksista, jotka johtuvat mahdollisista varastonhoitopuutteista ja huonosta ennakkoinnista, kun valmistuksen henkilökunta joutuu etsimään materiaaleja. Laskelma on suoritettu keskiarvojen mukaan ja työntekijän kuukausipalkaksi on määritetty 2250 €/kk. Oheisessa laskelmassa on laskettu todellinen tuntikustannus työntekijälle työntekijästä.

Taulukko 1. Varastoinnin kustannuslaskelma (perustuu: Suomen yrittäjät 2013.)

Työnantajakulut:			€/kk
Eläkemaksut 18,25 %			410,63
Sosiaaliturva 2,04 %			45,9
Työttömyysvakuutusmaksu 0,80 %			18
Sosiaalikulut yhteensä			474,53
Työntekijän kuukausipalkka			2250
Työnantajan kulut yhteensä			2724,53
Lomien ja arkipyhien vaikutus			
		Pv/v	% työajasta/v
Vuosiloma		24	9,8
Arkipyhät		7	2,86
Pekkas-vapaat		12,5	5,1
Yhteensä			12,65
Maksu kk työpanoksesta:			3069,18
Tuntikustannus	3069,18/21p*8h		18,270

Työparin etsiessä työhön osia varastoalueelta ja siirtäessä ne sisään, voi aikaa kulua helposta yhteensä 8 h. Tässä tapauksessa kustannukset työnantajalle ovat  $8 \times 18,27 \text{ €} = 146,2 \text{ €}$ . Pahimmassa tapauksessa tämä voi toistua useasti kuukaudessa. Kustannus voi siten nousta jopa kymmeneen prosentteihin kuukauden työpanoksen hinnasta. Lisäksi pitää huomioida työntekijän motivaation huononeminen kiireisen ja turhan osien etsimisen takia Tämä vaikuttaa työtehon laskemiseen ja laadun vaihteluun.

## 5 Levytöiden ja hitsauksen valmistustekniikka

Säiliönvalmistuksessa kyse on pääsääntöisesti levyjen liittamisestä yhteen päittäisliitoksin tai pienaliitoksin hitsaamalla. Säiliöön tulevat levyosat hitsataan muotoiltaviksi aihioiksi tavallisesti jalkoasennossa, joko käsin Mig/Mag -menetelmällä tai pituushitsausautomaateilla. Lepolan ja Makkosen (2005, 127 – 128) mukaan levyt silloitetaan yhteen 400 mm:n välein, käytettävä railomuoto on joko i-railo tai v-railo levyn vahvuudesta riippuen. Juurituen käyttö tässä liitosmenetelmässä on suositeltavaa parhaan hyödyn saavuttamiseksi.

Levyjä liitettäessä yhteen pitää silloittamisessa olla huolellinen. Silloituksella on tarkoitus pitää levy siinä muodossa tai asetuksissa, mihin sen halutaan jäävän hitsauksen jälkeen. Silloituksessa saatetaan jo aiheuttaa muodon virheellinen muuttuminen, jota lopullinen hitsaus vielä lisää. Keinoina näihin virheisiin ovat oikeat silloitusjärjestykset, -suunnat sekä ennakoiden asettaminen. (Lepola, Makkonen 2005, 361–362.)

Työn fyysisyyden helpottamiseksi ja lopputuloksen laadun parantamiseksi käytetään erilaisia aputyökaluja rakenne- ja levytöissä. Näitä työkaluja ovat erilaiset tunkit, taljat, kiilat, vetoruuvit, kiinnittimet sekä itsevalmistetut erikoislaitteet. Apulaitte kiinnitetään valmistettavaan kohteeseen tavallisesti hitsaamalla. Laitte on kiinnitettävä siten, että sen saa irti käytön jälkeen vioittamatta perusainetta. Käyttäessä taljoja tai muita voimakkaita laitteita apuna on varottava käyttämästä liikaa voimaa, ettei materiaaliin tule vaurioita. (Lepola, Makkonen 2005, 373–374.)

Esivalmistettujen levyjen muotoilu tapahtuu säiliön valmistuksessa tavallisesti pyörityskoneella eli mankelilla. Pyöritystä käytetään säiliörakenteiden erilaisten muotojen työstämiseen esim. kartiot, lieriöt ja muut kaarevat muodot. Pyöreän muodon etuna on myös hitsattavien kulmien vähyys sekä pientä muodon muutosriskiä kuutiomaiseen verrattuna. (Lepola, Makkonen 2005, 324.) Pyörityksessä on oltava huolellinen levyn koneeseen asettamisen sekä telojen säätämisen kanssa. Levyn on oltava kohtisuorassa pyöritysteloihin nähden ja telojen on oltava säädettyinä mallikaavan mukaan oikeaan pyörityskulmaan. Pyörityskoneen telojen molempien päiden kiristyksen on oltava samanlainen. Kesken levyn pyörityksen suoritettu säätö aiheuttaa virheellisen tuotteen. Levyn päiden esitaivutus on ehdotto-

man tärkeä suorittaa huolellisesti valmistetun kaavan mukaan oikealle säteelle. Nämä kaikki edellä mainitut koskevat erityisesti vahvempia ainevahvuuksia 6 mm ylöspäin sekä halkaisijaltaan pieniä säiliöitä. (Lepola, Makkonen 2005, 330.) Kartiomaiset tuotteet täytyy pääsääntöisesti aina muotoilla pyöristyskoneella tai kantauskoneella. Kartion pyöristämistä suunniteltaessa on hyvä tietää se että koneelta vaaditaan kaksinkertainen teho lieriön pyöristämiseen verrattuna. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 66–67)

## 5.1 Yrityksen käytäntöjä

Yrityksen työmenetelmiä on jouduttu kehittämään valmistettavien säiliöiden koon kasvaessa. Työmenetelmissä käytetään hyväksi levyjen omaa massaa ja nostureita. Menetelmissä aineen myötöraja ylitetään omalla massalla halutun muodon saavuttamiseksi. Nostomenetelmää käytetään tavallisesti 6 mm ja sen alle oleville aineen vahvuuksille, halkaisijaltaan suurille säiliöille D 3000 mm - 6000 mm ja ylikin. Menetelmä on nopea ja yksinkertainen, nostetaan pitkän vaippalevyn keskeltä nostokehdolla niin ylös, että saadaan levynpääty työnnettyä yhteen ja sen jälkeen lasketaan niin paljon alaspäin, että levy on pyöreä. Tämän jälkeen suoritetaan liitoksen hitsaus juuritukea vasten mielellään läpi hitsautuen. Lopuksi suoritetaan valmiin vaipan kaataminen kahdella siltanosturilla.

Muotoiltujen osien kokoonpano on konepajassa täysin käsityötä. Joustava automatisointi ei ole mahdollista hitsausta lukuun ottamatta. Pyöristetyt vaippalevyt liitetään yhteensopiviksi osakokonaisuuksiksi. Kartio ja vaippalevy voidaan liittää yhteen joko päittäin keskenään tai kartio voidaan upottaa vaippalevyn sisään noin 400 mm. Kartion upottaminen on menetelmänä yleisin, koska sillä saadaan aikaan tukeva kotelorakenne vaippalevyn ja kartion liitoskohtaan. Tähän syntyvään koteloon voidaan asentaa lisäksi muotoon leikattuja tukipaloja vahvikkeiksi esim. mahdollista jalustaa varten. Kotelorakenne suljetaan muotoon leikatuilla vahvikelevyillä. Tässä vaiheessa voidaan kokonaisuudesta hitsata kaikki jalkoasennon hitsausaummat. Kuviossa kolme on esitetty kartiolohkon kotelo-osan valmistamista erillisenä kokonaisuutena pyöräytettynä ylösalaisin. Samassa kuviossa näkyy väliaikaisten nostokorvien sijoittelu kappaleen kääntämistä ja siirtelyä varten.





Kuvio 3. Kartiolohko

Säiliön ylälohko valmistetaan tavallisesti omana kokonaisuutenaan. Ylimmäiseksi tulevaan vaippalevyyn asennetaan kattolevy, joka voi olla suora tai yleisemmin vähän harjalla. Kattolevy voidaan liittää vaippalevyyn päittäin hitsauksella tai niin että kattolevy menee vaippalevyn yli ja siihen saa pienaliitoksen. Tähän kattolohkoon voidaan liittää useampia vaippalevyjä säiliön koon mukaan. Kattolohkoon on tässä vaiheessa hyvä asentaa kaikki läpiviennit ja putkiyhteet sekä kattoon tulevat mahdolliset vahvikkeet ennen lohkojen yhteen liittämistä. Jalkoasennon hitsaukset voidaan suorittaa tässä vaiheessa myös kattorakenteen osalta. Säiliö voi myös olla yläosan rakenteeltaan avoin, mutta silloin vaippalevyn yläreuna vahvistetaan palkkirakenteella. Säiliön kokoamisen viimeinen vaihe sisältää lohkojen liittämisen yhteen. Säiliön koosta riippuen ala- ja yläosan lohkojen väliin saatetaan laittaa vielä vaippalohkoja. Niissä ei tavallisesti ole muuta kun levyt liitettynä yhteen. Tämä kokoaminen tapahtuu joko sisätiloissa vaaka-asennossa tai ulkona pystyasennossa. Kuviossa neljä liitetään kartio- ja kattolohko yhteen ja tässä tapauksessa molempiin on liitetty vielä yksi irtovaippa.



Kuvio 4. Kartio- ja kattolohkon liitos

Kokoamisen jälkeen valmis säiliö siirretään hitsausta varten pyöritysrullille. Tässä hitsauksessa kappaleen ympyräsaumat hitsataan jalkoasennossa molemmin puolin hitsaten. Ensin hitsataan sisäsaumat ja sen jälkeen ulkosaumat. Ulkopuolen saumat hitsataan säiliön päältä erilliseltä hitsaustelineeltä jalkoasennossa jatkuvana hitsauksena säiliön pyöriessä. Säiliöhitsauksessa on pyrittävä siihen, että suurin osa saumoista voidaan hitsata jalkoasennossa, koska menetelmänä se on nopein. Standardin SFS-EN 287-1 (2011, 8) mukaan säiliön hitsauksen onnistumisen kannalta on tärkeää, että hitsaaja on suorittanut pätevyyskokeen kyseiselle menetelmälle ja hänellä on vankka kokemus kyseisestä tapahtumasta.

## 5.2 Yrityksessä käytettävät hitsausmenetelmät

Levykappaleiden yhteenhitsaus tapahtuu yleensä plasmahitsausautomaatilla, jauhekaarella tai Mig/Mag-menetelmällä. Plasmahitsaus menetelmä on automatisoitu hitsausmenetelmä teräslevyjen hitsauksessa. Menetelmällä hitsataan juuritukea vasten kerralla läpi hitsautuen aina 8 mm:n levyvahvuuteen asti. Vahvemmat ma-

terialit vaativat useamman hitsauspalon. Menetelmä on verrattavissa lähinnä tig-hitsaukseen. Plasmahitsauksen etuja ovat nopeus ja varmempi läpihitsautuminen. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1996, 304–307.)

Mig/Mag-menetelmä on konepajateollisuuden hitsauksen eräänlainen yleismenetelmä. Se sopii kaikenlaiseen hitsaukseen ja eri asentoihin sekä sarjatuotantoon ja on helposti mekanisoitavissa. Menetelmä on erinomainen ohutlevytuotantoon ja vaadittaessa joustava. Hitsauksen lisäainevalikoima on laaja, ja hitsaus onnistuu useimmille hitsattaville materiaaleille. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1996, 300–302.)

Jauhekaarihitsaus on automaattinen hitsausmenetelmä. Menetelmässä lisäaine palaa hitsattavaan kohtaan tuotavan jauheen alla, josta osa sulaa hitsauksen aikana ja muodostaa kuonakerroksen sauman päälle. Hitsaus tapahtuu jalkoasennossa ja jauhekaarihitsi liikkuu joko itse tai hitsattava kappale liikkuu vaaditulla nopeudella. Menetelmää voidaan käyttää yhdeltä puolen hitsaukseen tai molemmien puolin hitsaukseen. Menetelmän soveltuvuus lyhyille saumoille on huono, koska hitsaustapahtuman valmistelu on työlästä. Automaattisena toimintona se vaatii hyvät liitokset ja mielellä pitkät hitsattavat saumat. Se soveltuu erinomaisesti vahvemmillä teräksillä levyjen päittäis- ja pienaliitoksiin. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1996, 307–309.)

Jauhekaarihitsauksen etuina voidaan mainita:

- hyvä tuottavuus, koska voidaan käyttää isoja hitsausvirtoja
- suuri tunkeuma vähentää tai poistaa kokonaan railonvalmistusta.
- laatu, pienet muodonmuutokset hitsauksen takia, erimainen hitsin ulkonäkö ja tiiveys.
- taloudellinen, lisäaineen menekki on vähäisempää kuin muissa menetelmissä.

- menetelmän hyvät mekaaniset ominaisuudet ja laaja käyttöalue eri vahvuisille materiaaleille 5 mm ylöspäin ja eri aineille.
- käyttäjäystävällisyys, ei näkyvää valokaarta eikä hitsaussavua. (Retco oy [viitattu 14.1.2013].)

Huonoja puolia menetelmässä ovat laitteiston asettelun hitaus ja asentohitsauksen soveltumattomuus (Retco oy [viitattu 14.1.2013]).

Menetelmää on totuttu käyttämään pitkien suorien saumojen hitsaukseen. Tekniikan kehittyessä ovat käyttöalueet lisääntyneet robotisoinnin ja hitsaustornien ansiosta. Itse hitsausprosessi on pysynyt lähes samanlaisena jo vuosia. Robottien ja konenäön kehittymisen sekä automaattisen suojajauheen kierrätyksen ansiosta käyttökohteet ovat lisääntyneet. Robotisoidun jauhekaaren etuja on mm. monimutkaisten muotojen hitsausmahdollisuus, toistettavuus, käyttäjän mahdollisuus tehdä esivalmisteluja hitsaustapahtuman aikana, työturvallisuuden- ja tuottavuuden paraneminen. Huonoina puolina mainittakoon laitteiston kallis hankintahinta sekä jauheen keräyksessä tulevat ongelmat nurkkakohdista hitsauksen aikana. (Pe-mamek oy [viitattu 15.1.2013].)

### 5.3 Kehitettävää valmistuksessa

Kutepan tapauksessa kehitettävää olisi ainakin levyaihioiden suoruuden ja pituuk-sien mittauksessa ja mittatarkkuuden parantamisessa. Suorana hitsattujen saumo-jen mahdollisten vikojen korjaus täytyisi tehdä ennen pyöristämistä. Mankeloinnin osalta liitoksen kohtaan jäävä muotovirhe voi aiheuttaa joko suoran kohdan jat-koksen tai liian paljon pyöristyneen kohdan. Tarvittaessa tehdään uudelleen pyö-ristys hitsauksen jälkeen. Korjauskeinona on esitaivutuksen suorittaminen tarkasti oikealle säteelle tehdyn kaavan mukaan. Yritys voisi teetättää valmiit tarkistuskaa-vat laserleikkaajalla. Kaavat olisivat n. 300 mm pitkiä ja ne valmistettaisiin 1 mm:n vahvuisesta pelistä. Kaavoja valmistettaisiin halkaisijaltaan 100 mm välein 1000 - 7000 mm:n välialueelle.

Koska työvaiheet on vaiheistettu eri henkilöille, on joskus epäselvää kuka hoitaa mitään. Korjauskeinona ovat kehityskeskustelut ja koulutus sekä erillisen, mahdollisimman itsenäisesti toimivan säiliötiimin perustaminen. Mittausten suorittamisen varmistamiseksi pitäisi laatia mittausdokumentti, jossa joka osalle on kohta johon tulee suoramitat ja se kuka on mitannut. Tarkoituksena olisi välttää mittauksen unohtaminen ja väärän mittaisen osan pääseminen pyöristykseen. Pyöristettyjen osien tarkistusmittaus pitää suorittaa aina ennen niiden yhteen liittämistä, ja mittapöytäkirjassa täytyy olla kohta näillekin mittauksille. Muotoiltujen vaippalevyjen osalle olisi suositeltavaa tehdä korjaustoimenpidettä aina poikkeaman ollessa yli 5 mm.

Valmistettavien töiden koon kasvamisen johdosta käsihitsausta Mig/Mag-menetelmällä on Kutepa Oy:n toiminnassa valtavasti. Koon kasvamisen takia ainevahvuudet ovat myös suurentuneet. Tulevaisuuden kannalta ehdottaisin jauhekaarihitsauksen kehittämistä automatisoidumpaan suuntaan. Tämän menetelmän kehittämisessä olisi Kutepan toiminnassa mahdollisuuksia kustannussäästöihin (katso 5.2 jauhekaarihitsaus). Asian tarkemmassa tutkimisessa olisi tutkimusaihe jopa opinnäytetyöksi.

## 6 Laadun varmistus

Seuraavassa käsitellään laatuun vaikuttavia tekijöitä säiliönvalmistuksessa metalliteorioiden pohjalta. Lisäksi tutustutaan eri tarkastusmenetelmiin ja mietitään keinoja laadun parantamiseksi.

### 6.1 Levytyö

Henkilökunnan pitäisi itse hoitaa laadunvalvonta. Huonoa laatua ei saisi päästää eteenpäin. Tuotannossa vastaan tulevat laatupoikkeamat korjataan heti huomattaessa ne, eikä vastuuta siirretä eteenpäin. Levyjen siirtelyssä ja varastoinnissa tulleet viat korjataan ennen valmistukseen siirtymistä. Levyjen pyöristyksessä on oltava erityisen huolellinen, niin ettei synny virheellisiä muotoja mihinkään kohtaan työstön aikana. Pyöristyksessä tulleet muotovirheet on vaikea korjata, mutta kapaleen uudelleen työstö on myös mahdollista. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1996, 274–275.)

Levyjä muotoiltaessa pitää myös tietää se tosiasia, että vaikka levyt näyttävät silmämääräisesti saman vahvuisilta, tarkemmin mitatessa huomataan niiden olevan eripaksuisia. Lisäksi samassa levyssä eri kohdissa saattaa olla vaihtelua levyvahvuudessa. Jos tutkitaan vielä levyn kiderakennetta, havaitaan hiili-, rauta- ja muiden kiteiden muodon vaihtelevan eri kohdissa. Nämä kaikki seikat vaikuttavat levyn muotoutumiseen. (Kane 1985, 8-9.) Saman vahvuisia levyjä yhteen liitettäessä laitetaan levyn reunat samalle tasolle, eikä anneta reunojen olla eri tasossa. Tämä ei koske eri vahvuisten levyjen yhteen liittämistä, vaan liitoksessa levyjen eritasaisuus on joko sisäpuolella tai ulkopuolella.

Koska valmistus on suurimmaksi osaksi käsityötä, on myös huomioitava työntekijöiden fyysiset ja ammattitaidolliset erot. Kaikki saattavat luulla työskentelevänsä samalla tavalla, mutta henkilökohtaiset erot aiheuttavat vaihtelua. Sama henkilö saattaa toimia eri tavalla voinnistaan ja väsymystilastaan riippuen. Inhimilliset erehdykset kuuluvat ihmisten tekemään käsityöhön. (Kane 1985, 8-9.)

Yleisin tuotteiden laadun tarkastusmenetelmä on silmämääräinen tarkistus. Ammattitaitoinen metallimies tarkkailee työn jälkeä jatkuvasti ja korjaa havaitut viat välittömästi. Jos tuotteessa ei näy muotovirheitä ja liitokset ovat kohdakkain eikä asennusapulaitteiden jälkiä ole häiritsevästi näkyvissä, tuote on hyvä. Muistettava on myös se tosiasia, että säiliöt menevät teollisuuskäyttöön ja ylilaadusta ei olla useinkaan valmiita maksamaan. (Lepola, Makkonen 2005, 56.) Asiakkaiden laatuvaatimusten selvittäminen on yritykselle tiedonhankintaongelma. Tieto pyritään selvittämään asiakkaiden vaatimuksista, tarpeista, mielikuvista sekä ilmaisemattomista mielipiteistä. Oman organisaation sisältä tietoa löytyy eri tapahtumista, työvaiheista, henkilökunnan motiivista ja odotuksista. Tästä kaikesta ammennetun tiedon tulisi muodostaa suuntaviivat toiminnan laadun toteuttamiseksi. (Lepola, Makkonen 2005, 414.)

## 6.2 Hitsaus

Hitsaajan taidot ratkaisevat suurimmaksi osaksi hitsaustyön laadun. Annettujen ohjeiden seurantakyvyllä sekä hitsaajan taitojen testauksella varmistetaan hitsauksen laatua. Hitsaajan pätevyyttä vaadittavaan hitsaukseen selvitetään hitsaajan pätevyyskokeella. Samalla voidaan selvittää hitsausmenetelmän kelpoisuutta. (Lepola, Makkonen. 2005, 47.) Hyvin suoritettu pätevyyskoe ei välttämättä takaa laadukasta hitsausta tositilanteessa. Koska koe suoritetaan optimiolosuhteissa ja vaadittava hitsin pituus on 300 mm, ei tilanne vastaa täysin tositilannetta. Hitsarin pätevyyttä on laadukkaan hitsaussauman tuottaminen huonommissakin olosuhteissa toistuvasti päivästä toiseen. Hitsauksen laadulla tarkoitetaan sauman tasa-laatuisuutta, määrätyn virheettömyysasteen alittamista sekä oikeanlaista geometristä muotoa ja tasaista pinnan laatua. (Lepola, Makkonen 2005, 46.)

Laadunvarmistus alkaa jo työtä suunniteltaessa. Laadunvarmistuksessa otetaan huomioon kaikki valmistukseen liittyvät asiat, kuten hitsausprosessit, materiaalit ja niiden valmistuksellinen hitsattavuus ja hitsaajien ammattitaito. Laadunvarmistamisen tärkeimpiä asioita on hitsaajien päteväyttäminen vaadituille prosesseille kaikkine muuttujineen ja pätevyyskokeineen. (Lepola, Makkonen 2005, 55–56.) Laadunvarmistuksessa pitää myös ottaa huomioon käytettävä hitsauskalusto ja

sen asianmukainen kunto. Puhdas ja hyvin huollettu hitsi toimii tasalaatuisen varmasti. Hitsaajan huolellisuus ja koneen säätämistäidot niin hitsausarvojen ja hitsaus suojakaasujen osalta vaikuttavat suuresti hitsausjälkeen. (Lepola, Makkonen 2005, 107–110.) Ensisijaisen tärkeää on kuitenkin muistaa hitsattavan kohdan valmistelu hitsausta varten. Hitsattavan kohdan on oltava puhdas hiontapölystä ja muusta mahdollisesta liasta ennen hitsausta. Laadunvalvontaa tapahtuu koko hitsausprosessin ajan ja tavoitteena on ehkäistä ja korjata virheet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Laadunvalvonnalla seurataan myös hitsausjärjestysten, lisäaineiden ja materiaalien oikeellisuutta. Laadun valvonnan tässä vaiheessa hoitaa hitsaaja ja työnjohtaja yhteistyössä. (Lepola, Makkonen 2005, 55–56.)

Hitsauksen laadun parantamiseksi pitäisi tehdä enemmän omavalvontaa. Kehittäminen aloitettaisiin koulutuksen ja tiedotuksen lisäämisellä. Varmistetaan koko kansainvälisen henkilökunnan osalta vaadittujen laatuvaatimusten ymmärtäminen. Laatuvaatimusten selvittäminen on työnjohtajan sekä projektipäällikön tehtävä ja se tehdään työntekijöille järjestettävässä aloituspalaverissa. Työnjohtajan suorittamat kahdenkeskiset keskustelut varmistavat sen, onko asiat ymmärretty oikein.

Jauhekaarihitsausta olisi mahdollista lisätä ja myös kehittää paremmaksi nykyisestä. Laitteistolla tulee laadukkaita saumoja, mutta kallis laitteisto on vajaakäytöllä. Menetelmä vähentäisi merkittävästi kulmahiomakoneella tehtävää hitsausrailon valmistusta, koska päittäisliitoksessa 5 - 12 mm:n levy ei tarvitse juurikaan railon avausta. Menetelmän automatisointi yrityksen käyttötarkoituksiin olisi hyvä lisätutkimuksen aihe esim. opinnäytetyölle.

### **6.3 Hitsausliitoksen tarkastaminen**

Hitsausliitoksen tarkastaminen voidaan jakaa kahteen ryhmään: ainetta rikkoviin ja rikkomattomiin tarkastusmenetelmiin. Säiliön tuotannossa pääsääntöisesti käytetään ainetta rikkomatonta tarkastusta. Silmämääräinen tarkastus on konepajojen yleisimmin käyttämä menetelmä. Menetelmässä ammattitaitoinen hitsari seuraa työn aikana hitsaustulosta ja suorittaa vaadittavat korjaustoimenpiteet heti poikkeaman havaittuaan. Silmämääräisellä tarkistuksella voidaan etsiä sauman pin-



nassa olevia virheitä, kuten esimerkiksi huokoset, halkeamat, roiskeet, reunahaavat, hitsin tasaisuus ja jatkosvirheet jne. (Lepola, Makkonen 2005, 56.)

Läpäistyään silmämääräisen tarkistuksen vaativat hitsausliitokset tutkitaan yleensä joiltakin osin sisäisesti. Radiograafinen kuvaus eli röntgenkuvaus on yleisesti käytetty menetelmä sisäisten vikojen etsintään. Menetelmässä säteily suunnataan hitsausliitoksen läpi, jolloin sauman vastapuolella oleva filmi valottuu ja siihen tallentuu saumassa olevat viat tummempina pisteinä. Menetelmän avulla hitsausaumasta voidaan nähdä liitosvirheet, huokoset, kuonasulkeumat ja halkeamat. (Lepola, Makkonen 2005, 58.)

Ultraäänitarkistusta voidaan myös käyttää saumojen tarkistukseen. Yleisin tarkastusmenetelmä on kaikumenetelmä, jossa luotain on sekä vastaanotin että lähetin. Viistokaikuluotauksella saumasta voidaan löytää huokoset, sulkeumat, halkeamat sekä niiden sijainti hyvinkin tarkasti. Tarkastajan taidoista sekä hänen tulkinnoistaan riippuu ultraäänitarkastuksen luotettavuus. Huonoja puolia menetelmässä on laitteiston herkkyys eri aineille ja vahvuuksien muutokselle sekä jatkuva kalibroinnin tarve. Menetelmää ei käytetä juurikaan ohutlevytuotteiden tarkistamiseksi tarkastajan tulkinvaraisuuden takia, ja tarkastusmenetelmänä se ei ole vertailukelpoinen luotettavuuden osalta radiograafisten menetelmien kanssa. (Lepola, Makkonen 2005, 59.)

Tunkeumanestetarkastusta käytetään valmistuksessa menetelmän helppouden sekä halpuuden takia. Huolellisesti suoritettuna menetelmä on useimmille vaatimuksille riittävän tarkka. Menetelmällä etsitään sauman pintaan asti tulevia vikoja. Tarkastettava kohta tulee puhdistaa huolellisesti ennen tunkeumanesteen levittämistä luotettavan tuloksen saamiseksi. Neste on annettava vaikuttaa 5 - 10 minuuttia ennen kehiteaineen levittämistä. Kehiteaine on yleensä valkoista, jossa vikakohdat näkyvät selvästi. (Koivisto, Laitinen, Niinimäki, Tiainen, Tiilikka & Tuomikoski 2010, 32.)

Tiiviyskokeella etsitään mahdollisia vuotokohtia ja määritetään niiden suuruutta. Koe on hyvin yleinen testausmenetelmä erilaisten säiliöiden lisäksi myös kaasui-, kemikaali- ja lämpöverkostoissa. Tiiviyskoemenetelmiä ovat esimerkiksi kaasupainekoe sekä vesipainekoe. Kaasupainekoetta ei juurikaan käytetä siihen aina

liittyvien riskien takia. Vesipainekokeella säiliö täytetään vedellä ja paineistetaan vähintään rakennepaineeseen saakka, jos kyseessä on umpinainen rakenne. Tällä menetelmällä selvitetään saumojen tiiveys ja rakenteen kestävyyttä. (Lepola, Makkonen 2005, 60.)

#### **6.4 Toiminta laadun parantamiseksi**

Yrityksessä voitaisiin aloittaa kehityskeskustelut valmistuksen henkilöstön kanssa. Keskustelujen tavoitteena olisi työilmapiirin ja motivaation paraneminen sekä osaamisen kehittyminen. ”Niiden on havaittu tuovan joitakin kiistattomia etuja työpaikoille: työilmapiirin paranemista, motivaation nousua, työn ja organisaation kehitystä sekä kykyä kokonaisuuden parempaan hahmottamiseen” (Viitala 2004, 197). Samassa yhteydessä voitaisiin kartoittaa koulutustarve ja halukkuus siihen. Henkilökunnalle tiedotetaan tuotannolle vaaditusta laatutasosta joka projektille erikseen. Vaatimusten vaihtelu aiheuttaa yrityksen kansainvälisen henkilökunnan keskuudessa epätietoisuutta, josta pitäisi päästä eroon.

Muotoiltavan kappaleen mittojen tarkastaminen ja niiden kirjaaminen mittapöytäkirjaan ennen pyöristystä tai muuta muotoilua. Pyöristetyn kappaleen ympärysmitat tarkastetaan ja kirjataan ennen yhteen liittämistä. Levytavarahan yhteen liitettävien reunojen suoruus tarkastetaan luotilangalla ja mittapoikkeamat kirjataan mittapöytäkirjaan. Mittapoikkeama, joka aiheuttaa korjaustoimenpiteen, tulee määrittää. Kutepan tapauksessa yli 4 mm:n virhe mitassa aiheuttaisi korjauksen. Tämän suuruisen virheen saa yleensä poistettua. Yhteenliitetyn säiliön liitokset tarkastetaan työnjohdon kanssa ennen hitsausta.

Hitsausta suorittaville henkilöille painotetaan hitsauksen laatuvaatimuksia ja huolellisuutta työhön. Kaikki Kutepan hitsarit ovat todistaneet osaavansa hitsata, mutta liika kiirehtiminen on aiheuttanut tarkastuksissa ongelmia. Tarkastuskortti, jossa olisi tarkastettavat kohdat lueteltuna, tulisi ottaa käyttöön. Tarkastuskortti on dokumentti, johon tiedot on koottavissa helposti ja lyhyesti. (Kane 1985, 14.)

Tarkistamista tunkeumanesteellä täytyisi kaikille säiliötuotteille tehdä useammin, vaikka sitä ei vaadittaisikaan, ja sen todentamisen pitäisi näkyä tarkastuskortissa.

Yhtenä mahdollisena toimenpiteenä laadunparantamiseksi ja kehittämiseksi kannattaisi harkita laatuhenkilön palkkaamista tai nimeämistä. Laatuasioiden koordinaatiovastuu tulisi olla asioihin perehtyneellä henkilöllä. (Lecklin & Laine. 2009, 34.) Henkilön tehtäviin kuuluisi laadun seuranta ja kehittäminen niin omassa toiminnassa kuin myös alihankkijoiden ohjeistus ja valvonta. Yrityksen omaan laatujärjestelmään kirjattavien valmistusmenetelmien päivittäminen ja niistä tiedottaminen olisi hänen vastuullaan. Henkilö olisi toimitusjohtajan apuna laatuvaatimusten selvittämisessä asiakkaiden suunnasta ja hoitaisi tiedottamista yrityksessä. Toimintaympäristön muuttuessa asiakkaiden laatujärjestelmien tunteminen ja omaksuminen vaatii tulevaisuudessa yhä enemmän resursseja. Yhtenä haasteena teräsrakenteille on 1.7.2014 voimaan tuleva asetus CE-merkinnästä. Asetus koskee Suomessa tai muualla EU:ssa myytäviä teräsrakenteita, kuten portaait, kulkusillat, kaiteet, mastot, tornit, siilot, paineettomat säiliöt ja putkilinjat. (Teknologiateollisuus Ry 2012.)

## 7 Kokonaisvaltainen laaduntarkastelu

Alihankintayritykselle, joka toimittaa tuotteita suoraan asiakkaalle tai tilaus tulee jonkun kolmannen osapuolen kautta, riittävän laadun määrittäminen on haastavaa. Tuote eli tässä työssä säiliön tai siilon on asiakkaan mielestä oltava laadukas, mutta valmistajan kannalta ei ylilaatuinen. Laadun tasoa määriteltäessä pitää omia tuotteita verrata kilpailijoiden vastaaviin. (Lecklin 2006, 20–21.) Organisaation laatuvaatimusten selvittäminen on tiedonhankintaongelma. Tieto kerätään asiakkaiden vaatimuksista, tarpeista sekä yrityksen omasta toiminnasta. (Lepola & Makkonen 2005, 414.)

Laadun varmistus ja seuranta pitkällä tähtäimellä on haastavaa. Säiliö ja siilotuotantoon niin kutsuttuja ”valmiita miehiä” ei ole vapaana ja tämä aiheuttaa koulutuksen tarvetta. Asia koskettaa vuokratyövoimaa ja yritykseen palkattavaa työvoimaa. Tästä johtuen henkilöstön vaihtuvuus olisi saatava mahdollisimman pieneksi. Työssä viihtymisen ja työolojen parantaminen on hyvä keino pitää henkilökunnasta kiinni. (Lecklin 2006, 227.) Yritys on kiittävästi panostanut työolojen parantamiseen viime aikoina. Parannuksia ovat olleet mm. hitsausautomaation lisäys, sekä ilmastointijärjestelmä asennus. Hallin laajennusosa tuo lisää työskentelytilaa ja näin ollen viihtyvyyttä.

Työergonomian alueella on aina kehitettävää isojen tuotteiden valmistuksessa. Tähän kehitystyöhön tulisi ottaa valmistava henkilökunta paremmin mukaan. Henkilökunnan työssä viihtyminen, motivaatio ja innostus vaikuttavat suoraa laadullisiin tuloksiin (Lecklin 2006, 229).

Laadun tarkastustoiminta pitäisi olla säännöllistä koko henkilöstön keskuudessa. Tarkastusta olisi hyvä suorittaa työn johdon ja tekijöiden yhteistyönä, samalla keskustellen rakentavasti virheistä ja niiden ehkäisykeinoista. Osallistuminen ja mahdollinen itse oivaltaminen motivoivat työhön ja laadun parantamiseen. Laadun tarkkailussa työnjohdon on hyvä muistaa myös kehua alaisiaan, jos on aihetta. Myönteisellä palautteella on motivoiva vaikutus työntekijän suoritustasoon. (Viitala 2004, 160–169.) Pitkäaikainen samankaltainen työ aiheuttaa kokeneellekin henkilökunnalle leipiintymistä ja silloin ei ehkä huomata laadun heikkenemistä. Työn kierrättäminen ja haastavat ja mielenkiintoiset työ auttavat asiaa. (Viitala 2004,

151–152.) Konepajateollisuudessa valmistuksesta ja sen laadusta vastaa aina ihminen.

Oheisessa kuviossa 5 on kuvattu yrityksen luomien mahdollisuuksien, johdon ja tekijöiden vaikutusta laadun muodostumiseen. Toiminnan jossain osa-alueessa olevat häiriöt vaikuttavat negatiivisesti suorittavaan toimintaan. Säiliön ja siilon valmistuksessa laatu ei tule itsestään.



Kuvio 5. Laaduntekijät

Laatujärjestelmän seuranta ja päivittäminen nykyaikaisessa konepajatoiminnassa vaativat valtavasti resursseja, eivätkä ne päivyty itsestään. Oman haasteensa asettaa myös asiakkaan laatujärjestelmä, joka myös pitäisi hallita. Kehityksen mukana pysymiseksi tämän kaiken hallinta vaatii yritykseltä tiedottamisen ja koulutuksen kehittämistä. Saadun koulutuksen ja tiedotuksen oikein käsittäminen henkilöstön keskuudessa on myös varmistettava. Tiedon ymmärtäminen voidaan hyvin varmistaa kahdenkeskisillä keskusteluilla työnjohton ja työntekijän välillä. (Viitala 2004, 219–220.)

## **8 Säiliönvalmistuksen työohje**

Seuraavassa käsitellään säiliönvalmistuksen toimintaperiaatteita levytöiden, hitsauksen sekä oikeiden mittojen ja -muotojen osalta. Ohjeen on tarkoitus toimia ohjeena siilojen ja säiliöiden valmistuksessa. Lopputarkastus suoritetaan laaditun ohjeistuksen mukaan. Työohjetta muokataan tarvittaessa poikkeavien töiden niin vaatiessa. Theseukseen laitettavasta työstö on poistettu joitakin tuottavuutta ja mittatarkkuutta parantavia yksityiskohtia.

### **8.1 Vaippalevyn valmistus**

Levyjen yhteenhitsaus pitkäksi vaippalevyksi tehdään käsin molemmin puolin hitsaten. Levyn pituus mitataan huolellisesti ja katkaistaan aihio oikeaan mittaan ja merkitään mitta selvästi liidulla levyyn. Mittauksessa käytetään pitkää rullamittaa ja ennen mittausta tarkistetaan, että mitta on vioittumaton. Vioittunut rullamitta korvataan uudella ja pyritään käyttämään samaa mittaa säiliön kaikissa mittauksissa. Levyissä saattaa olla jopa 15 mm:n heittoja valmistajan reunoissa ellei levyt ole tarkkuusleikattuja. Levytoimittajien mittatoleranssit sallivat levyissä isoja poikkeamia vähimmäismitan ylittäen. Yli 4 mm:n heitot levyn reunassa on tärkeää oikaista kulmahiomakoneella. Levyjen reunoissa olevat poikkeamat aiheuttavat muotovirheitä säiliön kylkiin.

### **8.2 Kartio- ja pohjalevy**

Kartion tai suoran pohjan hitsaus suoritetaan käsin molemmin puolin hitsaten. Valmiista leikkeistä valmistettaessa tarkistetaan äärimitat ja verrataan niitä valmistuskuvissa oleviin mittoihin. Poikkeamatapauksissa pyritään mitat korjaamaan palojen pienillä siirroilla. Isojen poikkeamien ollessa kyseessä tehdään ilmoitus työnjohdolle ja tutkitaan palojen oikeellisuus. Tarkastetut mitat merkitään selvästi näkyviin. Valmistuksen tapahtuessa levyaihioista on oltava tarkkana harpilla piirrettävien muotojen piirtämisessä sekä mittauksessa ja varmistettava piirustuksesta piir-

tojäljen oikeellisuus. Kulmahiomakoneella tapahtuvassa muotoon leikkauksessa on tarkasti seurattava piirrettyä viivaa.

### **8.3 Katto**

Katon hitsaus suoritetaan käsin molemmiin puolin hitsaten. Tarkistusmittaus suoritetaan tarkastaen katon halkaisija vähintään kolmesta kohtaan mitaten ja verraten piirustukseen. Jos katto muotoillaan keskeltä korkeammalla olevaksi, tarkistetaan poistettavan palan mitat ja verrataan piirustuksen mittoihin. Kattoon tulevat reiät mitataan vatupassia, suorakulmaa ja mittaa käyttäen oikeille paikoille ja tarkastetaan lopuksi mittaukset. Mitattuihin paikkoihin piirretään piirustuksen mukainen reiän paikka harpilla tai asetettavalla yhteellä. Reikää leikattaessa on oltava tarkkana, ettei jäävään materiaaliin tule virheleikkauksia. Sovituksen on oltava niin tiukka, että asennettava kappale juuri liukuu paikalleen vähän voimaa käyttäen. Putkiyhteen ja reiän väliin ei saa jäädä millää suurempaa ilmarakoa. Hitsattaessa syntyy vähemmän lämmöstä johtuvia muodonmuutoksia, kun reikään tulevan yhteen sovitus on tiukka.



Kuvio 6. Keskeltä ylhäällä katto

#### 8.4 Osien muotoilu

Ensimmäiseksi valmistetaan kaava, joka on oikean säiliön säteen muotoinen. Aihion molempiin päihin tehdään esitaivutukset laadukkaan liitoskohdan saavuttamiseksi ja tarkistetaan työ tehdyllä kaavalla. Pyöristystä aloitettaessa asetetaan levy suorakulmaan pyöristysteloihin nähden. Vaippalevyt muotoillaan pyöristyskoneella oikeaan muotoiseksi, ja tarkkaillaan koko ajan kaavalla työn jälkeä. Työn lopputuloksen on tässä tapauksessa oltava pyöreä. Muotoa tarkkaillaan valmistetulla kaavalla ja lopuksi tarkistetaan halkaisijan mitta vähintään kolmesta kohdasta mitaten.

Kartion valmistuksessa pitää muistaa tehdä esitaivutus molempiin päihin. Tässä on oltava erityisen huolellinen oikean muodon saavuttamiseksi. Muotoa tarkkaillaan valmistetuilla kaavoilla. Esitaivutukset voidaan tarvittaessa tehdä kanttikoneella, jos se ei pyöristyskoneella onnistu. Pyöristyskoneen telat täytyy saada vähän vinoon kartiota pyöristäessä, mutta eroa ei saa olla 10 mm enempää tai kone voi vahingoittua. Kartiota pyöristäessä pitää tarkkailla kaavalla kartion halkaisijaltaan suuremman osan muotoa. Lopputuloksen täytyy olla pyöreä. Kaavat on aina hyvä valmistaa itse, eikä ottaa jonkun toisen tekemää. Virheen mahdollisuus on suuri, koska kaavaa on saatettu muuttaa siihen merkitystä halkaisijamitoista poikkeavaksi.



Katon muotoilu tapahtuu nostamalla kattolevyä keskeltä nosturilla ja vetämällä esim. taljalla ulkoreunan päät yhteen ja silloittaen sen kiinni. Kiinnityskohdan loppu muotoilu tapahtuu painoa ja taljaa apuna käyttäen. Liitoskohdan tulee olla tasa-muotoinen muuhun osaan kattoa nähden. Suositeltavaa on aina laittaa katto kiinni ylimmäiseen vaippaan ennen yhteiden asennusta ja hitsausta. Lopputuloksen täytyy olla pyöreä. Pyöreys varmistetaan mittaamalla halkaisija vähintään 3 kohtaa.

## 8.5 Kokoonpano

Vaippalevyjen yhteenliitokset tarkasti kohdakkain levyn vahvuuden ollessa sama. Vaippalevyjen ympärysmiassa 5 mm:n heitto aiheuttaa 1,6 mm poikkeaman säiliön halkaisijassa, mikä on liikaa ja aiheuttaa korjauksen. Oheisessa esimerkissä on laskettu 5000 mm halkaisijaltaan olevan säiliön vaippojen ympärysmiasta mittapoikkeama. Ensin laskettiin halkaisijat jakamalla ympärysmitat piillä ja sen jälkeen saatujen tulosten erotus on mittapoikkeama.

Taulukko 2. Mittapoikkeamaesimerkki

Mitta 1	15715	Halkaisija 1	5002,228
Mitta 2	15710	Halkaisija 2	5000,637
pii	3,1416	Erotus	1,6

Erivahvuisten materiaalien ollessa kyseessä kohdistus tapahtuu, joko laittaen ulkoreunat kohdakkain tai sisäreunat. Näissä liitoksissa voi olla vähän enemmän mittapoikkeamaa. Liitoksessa kannattaa jättää silloittaessa noin 2 mm:n ilmarako liitettävien levyjen väliin. Tämä auttaa liittämisen suorittamista sekä myöhemmin hitsausta sekä sauman avausta toisen puolen hitsaamista varten. Jauhekaarella hitsattaessa ei ilmarakoa saa jättää yhtään.

Kartiota liitettäessä vaippalevyyn on ensin varmistettava kappaleiden oikea muoto. Kartion vaippaosaan liitettävä alareuna tulee mitata samoin kun vaippaosakin sopivuuden varmistamiseksi. Jos kartio asennetaan vaippalevyn sisälle, pyöristetään levyn terävä reuna asennuksen helpottamiseksi. Kartio silloitetaan vaippalevyyn kiinni noin 300 mm:n välein ja syntyneen osakokonaisuuden pyöreä muoto varmistetaan. Muodon tarkistaminen suoritetaan mittaamalla kappaleen halkaisija vähin-

tään 3 kohtaa tasaisin välein. Tasaisen pohjan liitoksessa pohjaan piirretään harpilla oikealla halkaisijalla oleva ympyrä levyn keskipisteestä. Vaippalevy liitetään silloittamalla tämän piirretyn viivan mukaan oikean muodon saavuttamiseksi. Tavallisesti suorissa pohjalevyissä on vaippalevyn ulkopuolelle jäävä osa.

Katto liitetään ylimmäiseen vaippalevyyn, joko päittäin levyn reunan kanssa tai kattolevy menee reunan yli ja siihen tulee pienaliitos. Ympärysmittojen mittaaminen on näissä tapauksissa yhtä tärkeää kuin muissakin työvaiheissa pyöreän muodon saavuttamiseksi.

Säiliön lopullisessa kokoonpanossa on muistettava tarkastaa pystysuuntaisten hitsaussaumojen jako, niin että väli on vähintään 300 mm ja mahdollisten yhteiden sijainti toisiinsa nähden tarkistetaan piirustuksesta. Huolehditaan säiliön pyöreyyden säilymisestä sekä silloitushitsien riittävydestä. Poistetaan kokoonpanon eri vaiheissa käytettyjen apurautojen kiinnityskohtien hitsausjäljet huolellisesti. Tarkistetaan työn laatu työnjohdon kanssa ennen hitsauksen aloittamista.

## 8.6 Hitsaus

Hitsauksessa kiinnitetään huomiota vaadittujen a-mittojen täyttymiseen. Ellei piirustuksissa ei ole mainintaa vaatimuksesta kysytään työnjohdolta. Mittaaminen suoritetaan hankituilla a-mitoilla, jos mittaa ei ole, pyydetään työnjohtajalta. Päittäisliitoksissa kulmahiomakoneella suoritettava sauman avaus tehdään huolella muotoillen sauman pohja pyöreäksi ja poistetaan epäpuhtaudet hitsauskohdasta. Hitsattavan kohdan puhdistusta voidaan tehdä imurilla tai paineilmalla. Muotoilun ja puhdistushionnan jälkeen suoritettu hitsaus varmistaa tulevan sauman kelpoisuuden. Hitsausten jälkeen tehdään roiskeiden poisto joko käsiroiskeraudalla tai paineilmakäyttöisellä taltalla. Hitsaussaumojen jatkoskohdat tasoitetaan kulmahiomakoneella. Lopuksi suoritetaan säiliön huolellinen silmämääräinen tarkistaminen työnjohdon kanssa.

## 8.7 Lopputarkastusohje

Lopputarkastus suoritetaan verraten valmista tuotetta piirustukseen. Tarkastetaan onko kaikki yhteen ja kiinnittimet asennettu ja oikeilla paikoilla. Tarkastetaan onko hitsaussaumot kaikki hitsattu ja mitataan a-mitalla ovatko ne oikean kokoiset. Arvioidaan hitsaussaumojen muodot niin että ne eivät ole liian kuperia tai pulleita ja jatkoksen kohdat ovat jouhevia. Liian kupera sauma on painunut keskeltä syväksi painumaksi, esim. levyjen päittäisliitoksessa painunut alle perusaineen pinnan. Pullea sauma on muodoltaan pallomainen ja perusaineen ja sauman liitoskohtaan muodostuu jyrkkä kulma. Jouheva jatkoskohta on muotoiltu sellaiseksi, ettei jatkoskohta poikkea hitsisauman muodosta. Syitä näihin virheisiin ovat väärä kuljetusnopeus, virheelliset hitsausarvot, vääränlainen hitsausrailo tai puutteellinen rai-  
lonvalmistelu. Saumoista etsitään mahdolliset huokokset, halkeamat, sulkeumat, reunahaavat ja muut mahdolliset poikkeamat taskulamppua apuna käyttäen. Tarvittaessa suoritetaan tunkeumanestetarkistus, jos epäillään jotain kohtaa saumassa.

## 9 Yhteenveto

Työssä keskityttiin alle 6000 mm halkaisijaltaan olevien sillojen ja säiliöiden valmistukseen, laadun tarkastamiseen, parantamiseen ja työohjeistuksen laatimiseen. Työssä valmistusta käsiteltiin työlle tilatun materiaalin saapumisesta ja varastoinnista lopputarkastukseen asti. Kehittämiskeinoja etsittiin tutkimalla teoriaa eri lähteistä ja näitä oppeja pyrittiin soveltamaan työssä. Työn tekemisen aikana huomattiin kuinka monet eri asiat vaikuttavat laatuun ja sen varmistamiseen. Koulutuksen ja henkilöstöjohtamisen tärkeys laadun saavuttamiseksi tuli selvästi esille. Huomionarvoista oli myös siisteyden ja työsuojelun vaikutus työssä viihtymiseen sekä laatuun.

Varastoinnin ja materiaalien siirtelyn osalta kehitettävää löytyi henkilökunnan koulutuksen ja ohjeistuksen osalta. Materiaalien varastointialueiden jakaminen työkohteiksi lohkoiksi sekä materiaalihyllyjen hankinta auttaisivat järjestyksen ylläpitämisessä. Kuljetuskärryjen hankkiminen materiaalien siirtelyyn pitäisi olla investointilistan kärkipäässä, koska niitä tarvitaan valmiiden tuotteiden siirtelyyn ja joskus ne voisivat toimia myös välivarastona.

Säiliön ja siilon valmistuksessa kiinnitettiin huomiota muotoiltavien kappaleiden mittaukseen ja liitettävien pintojen suoruuteen sekä kohdistamistarkkuuteen. Mitäpöytäkirjan käyttöönotto koko valmistuksen ajalle toisi valmistukseen varmuutta ja jälkeensä todennettavuutta. Keinot oikeanlaisten muotojen saamiseksi pyörityskoneella olivat myös mietinnän kohteena. Koska joskus on tullut virheellinen pyöritys väärän säteisen kaavan takia, ehdotettiin ohjauksen ja koulutuksen lisäämistä oikeiden mittojen ja muotojen saavuttamiseksi.

Hitsauksen osalta kiinnitettiin huomiota erityisesti hitsattavien kohtien muotoiluun sekä puhtauteen. Hitsattavan kohdan puhdistusta voi suorittaa imurilla tai paineilmalla. Tämä pitäisi tehdä aina ennen hitsausta. Parannettavaa löytyi koulutuksen ja kehityskeskustelujen kehittämisessä, niin valmistuksen kuin hitsauksenkin osalta. Koska kyseisen toiminnan käynnistäminen vaatii valmisteluja ja aikaa, voitaisiin se jo ehkä käynnistää kokeellisesti kesälomien jälkeen.

Suurin huomio työssä kiinnittyi laatuun ja sen varmistamiseen. Koulutuksen ja ohjeistamisen lisääminen parantaisi henkilökunnan toimintaa vaaditun laadun saavuttamiseksi. Koko henkilökunnan yhteisiä koulutuksia voitaisiin järjestää esim. siivouksen ja järjestyksen sekä kierrätyksen asioista. Tämän jälkeen mahdollinen virkistystoiminta toimisi yhteishengen ja motivaation kehittäjänä. Tärkeimmät laadulliset ja valmistukselliset koulutukset tulisi suorittaa pienemmissä ryhmissä ja yksi kansallisuus kerrallaan. Toimintaa voitaisiin kokeilla jonkun uudenlaisen projektin alussa syksyllä mahdollisesti ulkopuolisen ohjeistajan avustuksella.

Selkeiden mittapoikkeamien määrittäminen valmistuksen eri vaiheisiin auttaisi henkilökuntaa päättämään itse korjaustoimenpiteestä. Määrityksen suorittaisi työnjohtaja aina uuden projektin alussa aloituspalaverissa. Mittapoikkeama halkaisijamitalle olisi esim. 0,5 mm alle 3000 mm halkaisijaltaan oleville ja 1 mm yli 3000 mm oleville. Säiliö- ja siilovalmistuksessa käytettäviä levyvahvuuksia 4 - 8 mm saadaan liitettyä yhteen apukeinoja käyttäen, vaikka mitat eivät ole samat. Mittapoikkeaman ollessa 4 mm nämä yhdistyskohdat eivät ole aina hyvännäköisiä ja liitoskohtiin tulee väkisin tehdyn vaikutelma. Tosiasiassa asiakas päättää tuotteen kelpoisuuden ja riittävän laadun.

Valmiiden tuotteiden tarkastuskäytännön määrittäminen tulisi tehdä automaattiseksi, mikä suoritetaan aina ja sille on selkeä ohjeistus. Tarkastus suoritetaan tekijän ja työnjohtajan kanssa yhteisesti, samalla keskustellen havainnoista rakentavasti. Ulkomaisten työntekijöiden ollessa kyseessä voisi tarkastuksessa olla tulkki joskus mukana. Tämä toiminnan avulla voidaan selventää ja varmistaa laatuvaatimusten ymmärtäminen. Tarkastuksen tiedot ja tulokset kirjataan tarkoitusta varten laadittuun pöytäkirjaan, jossa on kohta jokaiselle tarkastuskohdalle. Ohje tarkastuksen suorittamiseksi on työohjeessa kohdassa 8.5.

Tulevaisuutta ajatellen olisi mietittävä pääsääntöisesti laadusta vastaavan henkilön nimeämistä. Yrityksen koon ja toimintaympäristön muuttuminen aiheuttaa paineita jatkuvan seurannan ja kehittämisen lisäämiselle. Nimetyn henkilön olemassaolo yrityksessä toimisi kilpailuvalttina kauppvoja solmittaessa. Henkilön tehtäviin kuuluisi asiakkaiden vaatimustason selvittäminen sekä tämän tiedon jakaminen. Nykyisin tehtävää hoitaa tuotantopäällikkö muiden töidensä lisäksi, ja tämä aiheuttaa sekaannuksia. Valittava henkilö voisi olla yrityksen sisältä tehtävään siirrettävä

henkilö tai muutaman vuoden työkokemuksen omaava laatuun ja konepajateollisuuteen tottunut palkattava insinööri. Henkilön täytyisi olla valmis selvittämään myös tulevan CE-merkintäasetuksen aiheuttamat toimenpiteet ja olla valmis kouluttautumaan vaatimusten mukaan.

## LÄHTEET

- Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja Työvälinetekniikka. Helsinki: WSOY.
- Hitoshi, K. 1985. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. Suomentaja. Anneli Manninen. Helsinki: Laatu yhdistys ry & Metalliteollisuuden keskusliitto.
- Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 1996. Valmistustekniikka. 6.p Jyväskylä: Gummerus.
- Karhunen, J., Pouri, R., & Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi. Helsinki: Ws Bookwell OY, Suomen logistiikkayhdistys r.y.
- Kattelus, J. 2012. Toimitusjohtaja. Kutepa Oy. Haastattelu 8.12.2012
- Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P & Tuomikoski, J. 2010. Konetekniikan materiaalioppi. 12–13.P Helsinki: Edita Prima oy
- Kuortaneen teollisuuspalvelu Oy. Laatukäsikirja. Iso 9001:2008. [Ei julkisesti saatavilla].
- Kutepa. Ei päiväystä. Kuortaneen Teollisuuspalvelu Oy. [verkkosivu]. Kuortaneen Teollisuuspalvelu Oy. [viitattu 29.1.2013]. Saatavissa: <http://www.kutepa.fi/default.aspx?id=10>
- Lecklin, O & Laine, O. 2009. Laadunkehittäjän työkalupakki. Helsinki: Talentum Media Oy.
- Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. uud.p. Hämeenlinna: Talentum Media Oy.
- Lepola, P. & Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki: WSOY.
- Pemamek oy. 2012. Jauhekaarihitsaus. [verkkosivu]. Pema News 2012, Suomi. [Viitattu 15.1.2013]. Saatavana. [http://www.pemamek.fi/fin/ajankohtaista/pemanews\\_suomeksi/](http://www.pemamek.fi/fin/ajankohtaista/pemanews_suomeksi/)

Retco oy. Ei päiväystä. Jauhekaarihitsaus. [verkkosivu]. Retco Oy Welding Products, Pori. [Viitattu 14.1.2013]. Saatavana <http://www.retco.fi/fi/tuotteet/11>

Suomen standardisoimisliitto SFS. SFS-EN 287-1. 2011. Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräksiset. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto.

Suomen yrittäjät. 2013. Työnantajan ABC. [verkkosivu]. Suomen yrittäjät. [Viitattu 18.3.2013]. Saatavissa: <http://www.yrittajat.fi/palkkalaskuri>

Teknologiateollisuus Ry. 2012. Metallirakenteiden CE-merkintä. [verkkosivu]. Helsinki: Teknologiateollisuus Ry. [viitattu 14.12.2012]. Saatavana: <http://www.teknologiateollisuus.fi/fi/a/metallirakenteiden-ce-merkinta.html>

Työsuojeluhallinto. 2012. Pienyrityksen työympäristö tuloksen tekijänä 2012. [pdf-julkaisu]. Aluehallintovirasto, työsuojeluohjeita ja -ohjeita 5. [Viitattu 12.2.2013]. Saatavissa: [http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2012/05/TSO\\_5\\_2012.pdf](http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2012/05/TSO_5_2012.pdf)

Viitala, R. 2004. Henkilöstöjohtaminen. 4. tarkistettu. p. Helsinki: Edita.



